

DOI: 10.61189/279699gxbcd

·编者按·

肺结节智能体：从辅助诊断工具到智能体医学新范式——兼论智能体医学学科体系的形成

Pulmonary nodule intelligent agent: from auxiliary diagnostic tools to a new paradigm of intelligent agent medicine - also discussing the formation of the discipline system of intelligent agent medicine



陈智鸿¹, 贾泽军²

1. 上海交通大学医学院附属新华医院呼吸与危重症医学科, 上海交通大学医学院呼吸病研究所, 上海 200092

2. 《元宇宙医学》编辑部, 上海 200032

21世纪以来, 肺癌始终是全球癌症死亡的首位原因, 也是我国疾病负担最重的恶性肿瘤之一^[1-2]。低剂量CT(LDCT)筛查显著提高了早期肺癌检出率, 但同时也带来了假阳性增加、过度干预、长期随访困难以及医疗资源分布不均等新挑战^[1-5]。这些问题表明, 未来肺癌防治体系需要解决的关键问题已不再是单纯“发现结节”, 而是如何围绕患者未来发生肺癌的风险开展连续、精准和可持续管理。

与此同时, 人工智能(artificial intelligence, AI)、大语言模型(large language model, LLM)、医学物联网(medical internet of things, MIoT)、数字孪生及元宇宙医学快速发展, 正在推动医学从信息化时代迈向智能化时代, 从循证医学时代迈向人机协同医学时代。在这一历史背景下, 以医学智能体为代表的新型数字医疗主体开始出现, 并逐渐成为未来智慧医疗体系的重要基础设施。

本期刊载的《AI智能体赋能肺结节诊治研发进展及展望》一文, 系统提出了肺结节智能体(Pulmonary Nodule AI Agent)的理论框架、技术体系和应用路径。文章指出, 肺结节智能体并非传统意义上的AI辅助阅片软件, 而是一种融合人工智能、医学GPT、多模态数据、知识图谱、医学物联网、数字孪生及连续数字医疗体系的新型智能医疗系统。其核心目标不是单纯识别影像中的肺结节, 而是持续管理患者未来发生肺癌的动态风险。这一理念标志着肺结节管理模式正在由“发现结节时代”迈向“管理风险时代”, 也意味着肺癌早诊体系正在发生深刻变革。

值得关注的是, 白春学教授团队关于肺结节智能体的研究, 并非源于近年来生成式人工智能兴起

后的短期探索, 而是建立在十余年持续积累的理论创新和临床实践基础之上。从2011年前后开展肺结节规范化诊治研究, 到2016年牵头发表亚洲肺结节临床实践共识; 从2017年提出医学物联网肺结节管理模式, 到2022年发布全球首个 *Expert Consensus on the Metaverse in Medicine*; 从医学GPT理论体系构建, 到BAIMGPT、PNapp 5A以及肺结节智能评估管理一体机等创新实践, 团队逐步形成了“肺结节医学—物联网医学—数字医疗—医学GPT—元宇宙医学—医学智能体”的连续创新链条^[4, 6-10]。

从学术演进角度分析, 肺结节智能体不仅是人工智能在肺癌领域的技术升级, 更可能代表一个新兴交叉学科的诞生。传统肺结节科学主要研究结节发现、诊断与治疗; 数字医疗强调数据驱动的医疗模式; 元宇宙医学关注虚实融合环境下的人机协同医疗; 而智能体医学则进一步将感知、认知、推理、决策、执行、反馈和持续学习整合于统一框架之中, 使智能系统由“工具”演变为“数字医疗主体”。

从这一意义上讲, 智能体医学并非简单的人工智能应用, 而是医学范式的重要演进。其研究对象不仅包括疾病本身, 更包括疾病风险、医疗流程、患者行为和健康生态系统; 其研究方法不仅包括传统医学研究, 还涵盖人工智能、认知科学、知识工程、复杂系统科学及数字治理理论; 其核心目标则是实现从“疾病治疗”向“风险治理”、从“间断医疗”向“连续医疗”、从“经验决策”向“人机协同决策”的转变。

肺结节智能体正是这一新范式最具代表性的实践场景之一。由于肺结节管理需要长期随访、多学科协作、多模态融合和动态风险评估等, 因此更

适合成为智能体医学的重要试验场。本文提出的感知层、认知层、决策层、执行层和进化层五层架构,不仅适用于肺结节管理,也为未来肿瘤智能体、慢病智能体、睡眠智能体乃至数字医院智能体建设提供了参考框架。

然而,任何新学科的发展都不会一帆风顺。当前智能体医学仍面临数据异质性、模型漂移、AI幻觉、可解释性不足、责任边界模糊及伦理治理体系滞后等挑战^[11-14]。尤其在医疗领域,智能体不仅需要具备高水平认知能力,更必须具备可信性、安全性和可治理性。因此,未来学科建设的重点将逐步由“提升模型性能”转向“提升系统可信度”,由“追求更聪明的AI”转向“建设更安全的AI”。

展望未来,随着基础模型、多智能体协同系统、自主智能体、联邦学习、数字孪生和元宇宙医学生态持续发展,智能体有望成为继电子病历、互联网医疗之后医疗体系的第三代核心基础设施^[7-10]。医生将更多承担复杂决策、价值判断和人文关怀职责,而智能体则承担持续监测、风险发现、路径推理和流程执行任务,最终形成“智能体连续运行—医生高层决策—患者深度参与”的新型医疗模式。

如果说循证医学改变了医学决策方式,精准医学改变了疾病分类方式,那么智能体医学则有望改变未来医疗运行方式。肺结节智能体的发展,或许正是这一历史进程的重要起点。我们期待更多临床医学专家、人工智能科学家、工程技术人员、管理学者和政策制定者共同参与智能体医学学科建设,推动医学由数字化迈向智能化,由疾病医学迈向风险医学,由医院医学迈向全生命周期健康医学。

未来已来。智能体医学时代正在开启。欢迎相关科学家和广大医务人员积极探索医学智能体,实现“名医治未病,元医惠众生”愿景!

参考文献

[1] National Lung Screening Trial Research Team. Reduced lung-

cancer mortality with low-dose computed tomographic screening [J]. *N Engl J Med*, 2011, 365(5): 395-409.

[2] de Koning H J, van der Aalst C M, de Jong P A, et al. Reduced lung-cancer mortality with volume CT screening in a randomized trial [J]. *N Engl J Med*, 2020, 382(6): 503-513.

[3] MacMahon H, Naidich D P, Goo J M, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: from the fleischner society 2017 [J]. *Radiology*, 2017, 284(1): 228-243.

[4] Bai C X, Choi C M, Chu C M, et al. Evaluation of pulmonary nodules: clinical practice consensus guidelines for Asia [J]. *Chest*, 2016, 150(4): 877-893.

[5] Ardila D, Kiraly A P, Bharadwaj S, et al. End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography [J]. *Nat Med*, 2019, 25(6): 954-961.

[6] Topol E J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence [J]. *Nat Med*, 2019, 25: 44-56.

[7] Yang D W, Zhou J, Chen R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine [J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 1-9.

[8] 白春学. 元宇宙医学之我见 [J]. *中国医药导刊*, 2023, 25(1): 1-5.

[9] 白春学. 肺结节专家——BAIMGPT 白皮书 [J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(2): 55-64. DOI:10.61189/530445nlxrhb.

[10] 白春学. 医学 GPT 研发的挑战与解决方案 [J]. *元宇宙医学*, 2026, 3(1): 11-15. DOI:10.61189/799037wwkyrc.

[11] Haibe-Kains B, Adam G A, Hosny A, et al. Transparency and reproducibility in artificial intelligence [J]. *Nature*, 2020, 586: E14-E16.

[12] Liu X X, Rivera S C, Moher D, et al. Reporting guidelines for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: the CONSORT-AI Extension [J]. *BMJ*, 2020, 370: m3164.

[13] Lekadir K, Frangi A F, Porras A R, et al. FUTURE-AI: international consensus guideline for trustworthy and deployable artificial intelligence in healthcare [J]. *BMJ*, 2025, 388: e081554.

[14] Cruz Rivera S, Liu X X, Chan A W, et al. Guidelines for clinical trial protocols for interventions involving artificial intelligence: the SPIRIT-AI extension [J]. *Lancet Digit Health*, 2020, 2(10): e549-e560.

引用本文

陈智鸿,贾泽军. 肺结节智能体:从辅助诊断工具到智能体医学新范式——兼论智能体医学学科体系的形成 [J]. *元宇宙医学*, 2026, 3(2): 81-82.

Chen Z H, Jia Z J. Pulmonary nodule intelligent agent: from auxiliary diagnostic tools to a new paradigm of intelligent agent medicine-also discussing the formation of the discipline system of intelligent agent medicine [J]. *Metaverse Med*, 2026, 3(2): 81-82.